

六年級學生投入實驗活動的方式

郭文禎* 張文華**

*臺北市建安國小

**國立彰化師範大學 科學教育研究所

摘要

本研究觀察 15 個六年級學生在學校課室中投入實驗活動的方式共達四個月，以質性的研究方法收集並分析資料，發現學生有兩種投入的模式：程序、玩耍。前者按照設計好的步驟做，只想做出結果；後者乃孩童天性，純粹只是爲了好玩。最後，基於研究發現，針對實驗教學提出建議。

關鍵詞：投入實驗活動的方式、國小自然科。

壹、前言

實驗是否能幫助學生學習科學一直是科教學者關心的焦點（Larochelle & Desautels, 1991；Lucas & Roth, 1996；Millar, 1989；White, 1996）。White（1996）指出實驗雖有助於學生發展操作技巧，但是卻無助於讓學生了解實驗和想法（或理論）之間的關係，更有學者進一步批評學生做實驗只用手不用大腦（Millar, 1989；White, 1996）。要讓學生在投入實驗活動的時候，不但能運用大腦，也能了解實驗和理論之間的關係，探討教材與改進教學是必要的（Larochelle & Desautels, 1991；Millar, 1989；White, 1996）。同時，也要了解學生進行實驗活動的方式，以此爲基礎，方能雙管齊下有效地一步步引導學生了解實驗的本質。

近幾年來，國內學者談起實驗時，關注的焦點大都放在教學上（林陳涌，民 84；張惠博，民 83），或者談論實驗對學生認知上的發展或其學習態度之影響（劉元生，民 83；蘇懿生，民 83），直到 87 年才有學者探討學生是如何進行實驗（江世賓，民 87；蔡佩穎，民 87），然而重點不是放在學生在實驗室社會情境中的學習（蔡佩穎，民 87），不然就是因探討的重點比較偏向學生學習科學的全面性，對進行實驗的內容著墨不多（江世賓，民 87）。

國小自然課程特別強調解決問題的活動，尤其是六年級更著重於從活動中培養統整的科學過程技能（教育部，民 82）。解決問題的活動和實驗活動有直接的關係（熊召弟，民

80)，所以六年級的學生常常接觸到實驗活動，在目前台灣省國民學校教師研習會編的實驗本中，學生更要自行尋找問題，設計規劃進行探究（台灣省國民學校教師研習會，民 87）。爲了要讓學生從實驗活動中了解科學，教師應了解學生做實驗的情形，方能設計教學內容或方法，故形成本研究探討六年級學生在學校課室中如何投入課程中的實驗活動。

貳、文獻探討

九 0 年代之前探討學生投入實驗現象的文章，很少是探討有關學生探究的取向（orientations），大部分都在闡述學生對自然現象的理解（Rath & Brown, 1996）。直到 1991 年之後，才有學者關心並深入觀察學生做實驗的情形（Schauble, Klopfer, & Raghavan, 1991；Rath & Brown, 1996）。

比如：Schauble 等人(1991)根據許多文獻及之前的研究發現：學生做實驗的時候不會探討變因和結果之間的關係，無法做出有效的推論，常常只是做出預期的結果。Schauble 等人稱此進行實驗的方式爲工程模式，就是做出一個想要的結果。至於探究變因與結果之間關係的實驗模式，Schauble 等人稱之爲科學模式。於是他們設計兩個各自符合工程和科學模式的實驗及情境，然後將 16 個國小五、六年級的學生任意分配，使一半的學生到符合工程模式的情境教學，另一半則到符合科學模式的情境教學中，再讓他們獨自在情境中先後進行這兩個實驗，目的在探討受試者會採用什麼模式進行這兩個實驗。

Schauble 等人發現，在不同的情境下學生會有不同的進行模式：在科學情境下的學生會運用科學模式，在工程情境下的學生會運用工程模式。除此之外，Schauble 等人還發現學生做實驗是既無系統也不完全，不但無法控制無關變項，而且常曲解證據導向他們所偏愛的理論，以致於解釋數據時常犯邏輯上的錯誤。

Rath 和 Brown(1996)認爲學生進行實驗的方式應該不只有 Schauble 等人提出的科學和工程模式。故他們以國小夏令營的學生爲觀察對象，用錄影機、錄音機深入分析學生進行探究活動（inquiry）時的過程。結果將學生面對現象和現象互動（connect with the phenomena）的方式和態度分成六類，稱之爲「投入的方式」（modes of engagement）：

1. 探索（Exploration）：找出更多有關現象（或主題）的線索，以研究這個現象（或主題）的基本屬性。
2. 工程（Engineering）：利用現象的屬性做出結果，但重點不在探討現象的屬性，而在於做出一個結果出來。
3. 照顧寵物（Pet care）：養育、照顧現象中的生物，並對它坦率表露情感。
4. 程序（Procedural）：按部就班的模仿老師的示範、按照老師的指示或工作單的順序進行

活動。

5.表演 (Performance)：向別人表演展示自己的實驗或發現。

6.幻想 (Fantasy)：利用現象 (或主題) 中的某個部分發展幻想式的玩耍，所以幻想式的玩耍是這個方法的重點，倒是現象 (或主題) 的學習在此不是重點。

國內江世賓 (民 87) 研究位於台灣山地鄉國小五年級學生學習自然的面貌時，發現學生在進行實驗時，常隨己意地把玩實驗器材，且習慣於單純的現象觀察，不能掌握實驗中變項之間的關係，而實驗時要設計探討變項之間的關係，對學生來說也是困難的，他們大多只能以自己所能理解的步驟來進行實驗。但由於其探討重點不在分析學生投入實驗的方式，因此對這個問題未再深入著墨。

雖然學者們發現學生有自己的方式投入實驗，但其方式看來似乎對實驗的本質不了解，研究者認為這可能是因為學生在實際操作的時候沒有帶著想法，使學生在認知上也無法體會實驗和想法之間的關係。故本研究除了將深入觀察學生進行實驗的方式，將再分析學生是否帶著想法進行實驗。

參、研究方法

研究者觀察數位國小自然老師的教學後，邀請其中教學的探究程度較開放的一位教師參與本研究，以她授課六年級的三個班級為觀察對象。學生在上自然課時，都在自然教室上課，其座位都是分組坐。每班挑選一組作為本研究的觀察對象。在挑選組別時，考慮到試驗性研究時的發現：一組六個人的互動行為極為複雜，故選擇五個人一組的組別。另外，為了能實際分析到學生做實驗活動的情形，選擇學生較為投入實驗活動，且離攝影機最近的組別為本研究的觀察對象。

參與本研究的自然教師上實驗活動課時大都會先講解簡單的步驟以及儀器操作上的注意事項，待講解完畢之後，會叫學生從做實驗活動中觀察看看發生什麼事。然後學生再進行實驗活動，教師到各組確定操作過程是否有問題或需要協助的地方。結束實驗活動後，再請學生發表從實驗活動中的發現，引導學生做出結論。

研究者挑選有實驗的單元，即六年級上學期自然的第四、五、七、八單元共計十一個實驗，自 87 年 10 月至 88 年 1 月，利用錄影機與錄音機進行教室觀察。研究者觀察的時候，不教導亦不協助學生，在旁邊撰寫現場筆記，並收集學生的習作或工作單，以瞭解學生如何記錄數據。並晤談學生的行為，比如：“你在做什麼？你為什麼這麼做？”

資料分析時，研究者先挑選每班每單元的同一個實驗活動 (全部共 10 個實驗活動)，將學生操作的過程和晤談，逐一轉錄成文字，並比較其他相關文件資料，加以閱讀，形成

暫時性的編碼。再不斷持續比較 16 個實驗活動錄影帶、及其現場筆記（都是三個班級在每個單元做過的同樣實驗，並根據現場筆記挑選流程不同或學生投入方式不一樣的實驗活動出來看）。對照正面與反面之原始證據，反覆驗證確認主張，並與指導教授討論，直到產生結論。

肆、結果與討論

研究者根據所收集的資料，發現學生有兩種截然不同的模式投入實驗活動，分別是：程序和玩耍，在下面詳細說明：

一、程序

學生在投入實驗活動時，都會按照已設計好的計畫或步驟做。這個計畫（或步驟）大都是老師說的，或者是老師指導學生設計出來的。當學生開始動手做時，就會按照這個計畫（或步驟），很有規矩的一步一步，按部就班的循序漸進。這跟 Rath 和 Brown（1996）提出學生投入實驗的程序方式，及江世賓（民 87）所發現的學生只能以自己理解的步驟進行實驗一樣，都是按照已有的步驟做。另外本研究對象使用程序模式的目的只在於做出結果，這跟 Schauble 等人（1991），以及 Rath 和 Brown（1996）提出的工程模式具有異曲同工之妙，都是做出一個想要的結果。

研究者根據所收集的資料，發現學生在是否有預測結果、依據假設進行實驗活動，及實驗方式等方面有所差異。因此，將學生的行為整理出四種模式：

1. 擬實驗：沒有假設地進行實驗活動

- (1) 盲目嘗試：沒有預期結果，不斷嘗試錯誤。
- (2) 交差了事：不管有沒有預期結果，態度隨便，只要有做出來就可以了。

2. 真實驗：有假設且有依據假設進行實驗活動

- (1) 理論導向：有預期結果，並以此輔助實驗活動進行，而最後結果必須符合預期的結果。
- (2) 經驗導向：有預期結果，並以此輔助實驗活動進行，但結果是採實做的結果。

以下進一步分析說明：

(一) 擬實驗

1. 盲目嘗試

學生不會事先預估、推算可能的結果（或數據）為何，而是慢慢的一次次嘗試，因此學生用這種模式投入實驗活動時，通常都需要花很久的時間，才能完成實驗活動。像在做「塑膠塊重量對體積的比值」這個實驗，探討不同個數的塑膠塊重量對體積的比值是否相同，必須設計不同個數的塑膠塊，一一測量它們的重量和體積，並一一算出它們的比值，

互相比較。實驗活動中用的塑膠塊是正立方體，體積都是 1 立方公分，所以體積的部分只要相加就可以了。重量則需要用天平測量，不過，不同個數的重量可以根據之前的數據推算出下一筆的數據可能是多少；或者是假設同一物質的比值都相同，然後根據之前算出來的比值假設之後的比值也是如此，再推算出重量。有一班學生在做這個實驗活動時，他們在測量不同個數的重量時，既不推算也不假設，而是不斷的嘗試，直到找出每個可以使天平平衡的砝碼。

乙 2 夾砝碼放在天平上。

乙 1 (看 S2 做並看天平的平衡情形，指著天平說)：太重了啦！

乙 2 (換砝碼，看看天平說)：太輕了啦，太輕了啦！

乙 1 (指著砝碼說)：你把鐵片都拿起來，鐵片都拿起來。

乙 2 (拿起鐵片換一個砝碼說)：鐵片喔，這邊…(?)

乙 1 (看乙 2 夾砝碼說)：對啊，不然怎麼測重量！

乙 2 (看天平說)：太重了！

乙 1 (指著秤盤上的砝碼說)：太重了，拿一個起來，這個，拿詳細一點。

乙 2 (夾天平上的砝碼說)：很難夾勒，我這樣很難。

……

乙 1 (看看天平，指上面的砝碼說)：太重了，再拿一個起來，這個啦，這個拿起來，這個拿起來。

乙 2 (夾起砝碼說)：太重了又！

乙 1 (指著天平上的砝碼說)：這個啦！

乙 5 (看看天平說)：太重了，拿那個小塊的鐵片。

乙 2 (指天平上的砝碼問乙 5)：小塊喔？這個先拿起來。(然後夾起一塊鐵片的砝碼)

乙 5 (看看天平，對乙 2 說)：太輕了，放鐵片，你不要那麼大力，好不好，嚇死人！

……

乙 2 (把砝碼放上天平，問乙 5)：小姐，要全部把它放下去喔？

乙 5：哼！

乙 2 (把砝碼放上天平，問乙 1)：有嗎？

乙 1 (注視天平的指針說)：小鐵片拿起來，小鐵片拿起來。

乙 2 夾起砝碼。

乙 1 (注視天平的指針說)：再下去看看，鐵片再下去。

乙 2 把鐵片丟到秤盤上。

乙 1 (注視天平的指針說)：等一下，快要平等了。

乙 2 (看看天平說)：好啦！

乙 1 (用手扶天平，讓天平停止擺動說)：等一下，還沒，你沒等一下。

乙 2 (看看天平的指針說)：好啦，剛剛好啦，如果還沒，我就生氣。

乙 1 (看著天平的指針對乙 2 說)：再加一點點。

乙 2 (問乙 1)：一點點？

乙 1 (對乙 2 說)：最小的喔！

乙 2 (邊夾砝碼邊說)：最小的喔！

乙 1 (看乙 2 夾的砝碼說)：不是！

乙 2 將砝碼放到秤盤上。

乙 5 (站起來看天平的指針說)：剛好喔，歸零！ (乙 1106)

從上面的這個例子，可以看到不管是在夾砝碼的乙 2 或者是提供意見的乙 1 和乙 5，都沒有預測塑膠塊的重量可能是多少，而是不斷在嘗試放多少克的砝碼才可以使天平平衡。其實，在這之前他們已經做出 4 個和 7 個塑膠塊的重量了，但是當這次再延續做 11 個塑膠塊的重量時，他們並沒有充分運用之前所得的數據，來預估這一次的數據，而還是不斷地在嘗試錯誤。

2. 交差了事

這個模式最容易分辨的特徵，就是態度的不嚴謹，學生所抱持的心態是：隨便做做，只要有按照老師說的步驟做，而且有做出來就可以了，他們不必做得很認真，或者很仔細。在這個模式中最容易出現的對話就是：“大概，大概就好了！”或者：“快一點！”

丙 2 滑下車子，撞到木塊後，丙 2 量距離，其他人看他做。

丙 2 (量完說)：5.5。(其他人記下來)

丙 5 把木塊放好，丙 2 拿車子回起點，滑下。

丙 4 (看看被撞的木塊說)：五點…六，五點…七，五點…

丙 5 (看看木塊說)：八。

其他人記下來。丙 2 將木塊放好，車子回起點，滑下車子。

丙 4 (看看木塊說)：5.7。

其他人記下來。丙 2 將木塊放好，車子回起點，滑下車子。

丙 4 (看看木塊說)：5.6。 (丙 0116)

像上面這個例子，只有在第一次時丙 2 有確實用尺去測量木塊被推動的距離，接下來幾次，丙 4、丙 5 都沒有實際用尺測量距離，只用目測的方式估計，並把估計當作是結果紀錄下來，即可見他們敷衍了事之態度了。

盲目嘗試和交差了事都沒有產生假設，所以並沒有依據假設進行實驗活動。這就像 Millar (1989)和 White(1996)所說的學生做實驗只用手不用大腦一樣，又像 Schauble 等人(1991)，以及 Rath 和 Brown (1996)提出的工程模式，只想做出個結果。換句話說，學生在擬實驗中不但沒有思考實驗的內涵，做實驗的目的也只在於做出一個結果。

(二)真實驗

1.理論導向

學生運用之前的數據推算之後的數據可能是多少，或者是先產生一個假設，然後再預估或推算結果可能是什麼。目的是一定要做出和預期一樣的結果，所以當做出來的結果和預期不一樣時，學生會忽略或修改結果，甚至調整操作的方式或結果，務必就是要使做出來的結果和預期的結果相同。有一組學生在做「四輪車與小山坡」時，爲了要做出木塊停止後的姿勢是正的，沒有歪斜，所以當結果做出來是歪的時，他們會認爲是做錯了，不斷地再重做，直到木塊被撞後，靜止的姿勢是正的或歪一點點時，才紀錄下來。而當木塊停下來時的姿勢是正的時，他們會在桌上做記號，接下來爲了要使木塊撞到那個記號，於是只要木塊沒有停在記號就不算，停在記號時才算。

丙 2 放開車子，車子下滑撞到並推動木塊。

等車子與木塊靜止後，丙 1 和丙 2 指著木塊停在那個記號上，說：15。

丙 2 滑下車子，等車子和木塊都靜止後，丙 1 指著木塊停在那條線上，說：15。

丙 2 再滑下車子，木塊被撞歪沒有停在記號上。

丙 2 把車子拿回起點，再滑下去，丙 1 指著木塊停在記號上。

丙 2 滑下車子，這次木塊被撞歪沒有停在記號上。

丙 4 (看木塊後對丙 2 說)：不準了又！

丙 2 (對丙 4 說)：那是一時失誤而已！

R (問丙 2)：車子要怎樣停才可以？

丙 2 (對 R 說)：要停在記號那裡才可以。

丙 2 滑下車子，撞到木塊。

丙 2 (指著記號說)：沒錯，沒錯，你看就在這裡。 (丙 0115)

由此可見，學生爲了要達到心目中所期待的結果，他們會忽略不算一些不合期待的結

果。這就如同 Schauble 等人 (1991) 的發現：學生做實驗時常曲解證據導向他們所偏愛的理論，以致於解釋數據時常犯邏輯上的錯誤。

2. 經驗導向

學生運用之前的數據推算之後的數據可能是多少，或者是先產生一個假設，然後再預估或推算結果可能是什麼，接下來根據預估輔助實驗活動的進行，最後是以實際操作所得到的結果為主。

有一班學生在做「塑膠塊重量對體積的比值」的實驗活動時，有一個學生先假設不同個數的塑膠塊的比值都一樣，然後當一個塑膠塊的比值算出來後，就假設之後的比值都跟它一樣，加上因為塑膠塊的體積可以用數學的方式很快的加出來，所以他可以很快的就推算之後的重量是多少，然後根據推算的結果來測量重量，減少很多嘗試錯誤的機會。

學生開始用天平秤 20 個砝碼

甲 4 (看看記錄對甲 1 說)：先放 20，不用放，等一下再放 1，再來放 1，或者放 2，隨便你。

甲 1 放 20 克砝碼到天平上。

甲 5 (看看天平對甲 1 說)：1，1 或 2。

甲 4 (看看天平對甲 1 說)：1 或 2，1 或 2，1 或 2。

甲 5 (看看天平對甲 1 說)：先放 2 看看。

甲 1 放 2 克砝碼到天平上。

甲 4 (用筆穩住天平，讓天平不再搖擺說)：好了。

甲 5 (問甲 4)：怎樣？

甲 4 (邊看天平邊說)：剛剛好 (笑)，剛剛好 (笑)。(甲 1104)

雖然實際操作的人是甲 1，但是真正主導實驗活動進行的人卻是甲 4，而且很明顯的甲 4 對於到底要放多少克的砝碼雖然不是很肯定，但是大概要放多少，卻很有把握。可見他心中對於結果已存有一些想法，只是透過實際操作來檢驗想法。課後甲 4 對他的行為做了一些解釋：

R：我記得我那個時候在看你做的時候，看到你好像只有做到 10 塊的時候，就把 10 到 30 塊就是 15、20、30、25 的塑膠塊的重量都寫在表格上面，可是好像還沒做到那裡，只有做到 10 塊。

甲 4：那個是推理，後來我又把它擦掉重寫。

R：喔，你怎麼想說要全部都把它寫滿？

甲 4：因為是看看說假如第一塊是 0.9，那這樣子就可以表現出每一塊物質一樣大小一樣的東西是否一樣重，這樣就可以明顯的表現出來，所以目前我就會先推理，然後把它寫出來，然後等等秤完之後再把它記錄上去，看兩個差別有多少。

(甲 1104)

雖然，甲 4 把重量對體積的比值說成重，但是，由對話中可知他的確是有先假設、預估，然後利用預估輔助實驗活動的進行，再比對實做的結果和預估的結果。

綜合上述，可見：學生在真實驗中雖會運用大腦產生假設，但是在理論導向模式中卻將實驗活動導向自己所偏愛的理論，無視實驗活動結果的偏差，更不知其帶給實驗活動的意義；在經驗導向模式中雖能比較假設和實驗活動的結果，但是重點還是在於做出結果出來，無心探討產生現象之原因。可見學生在真實驗中雖已能帶著想法進行實驗活動，但是目的還是放在做出想要的結果，以致於有的學生對結果有所誤解使其進行方式有所偏差，更表示對實驗本質的了解不足。

二、玩耍

學生投入實驗活動的另一種模式是玩耍，玩耍的目的是爲了好玩，在步驟上不如程序模式來得有系統、有組織，只是不斷重複相類似的步驟。出現的時機有三種：一是學生將實驗現象（或器材、藥品）想像成生活中的經驗或事物，一是對實驗現象（或器材、藥品）感到好奇、新鮮，一是無聊打發時間時產生的。玩耍模式不但跟 Rath 和 Brown（1996）發現的「幻想」方式雷同，學生都會運用想像玩耍，也跟江世賓（民 87）發現的一樣——學生常隨己意把玩器材。

研究者根據學生玩耍時是否有帶著想法再分成兩種類型：（1）無目的的玩耍。（2）有測試性質的玩耍。

（一）無目的的玩耍

就如字面上的意思，這個模式沒有任何目的，所以也沒有帶著想法，純粹只是爲了好玩而已。

甲 3 不斷地把砝碼放到天平的兩邊秤盤上。

.....

R（問甲 3）：你在幹嘛？

甲 3（對 R 說）：玩啊！

R（問甲 3）：你為什麼在玩這個？

甲 3（對 R 說）：沒有事。

(甲 1230)

上面的例子中，學生在做「硫酸銅的沈澱」這個實驗活動時，甲 3 不斷的夾起砝碼，然後不斷將砝碼放到天平的兩邊。研究者問他在做什麼，他說他在玩，從過程可看出這是在無聊沒事做的時機下所發生的，很明顯地他並沒有想要做出什麼東西出來，也沒有想探討什麼東西，只是爲了要打發時間用的。這從課後的晤談，可再獲得佐證：

R：我看你一直把砝碼夾到天平上去。

甲 3：是很多個還是一個？如果是很多個那就是在玩啊，一個的話是夾兩克在做實驗。

R：你在玩什麼？

甲 3：沒有啊，好玩啊，無聊。

(甲 1230)

(二)有測試性質的玩耍

學生對現象產生疑惑、好奇，然後藉由實際操作來測試心中的想法或達到預期的結果，這個模式的步驟大多是重複一連串相類似的動作。

乙 1 拿鐵條放在板子上，往下滾。

乙 2 (對乙 1 說)：衝啊！…… (?) 多厲害！我可以再衝一次。

乙 1 停下來看被推動後的木塊，將木塊放回原位，改變鐵條的方向，放在板子上左右滾動。乙 2、乙 3 看乙 1 做。

……

乙 1 再拿起粉筆在板上滑下去。

(乙 0115)

本來這個實驗活動是要探討不同重量的四輪車從板子上滑下來撞到木塊後，木塊被推動的距離有什麼不同。但從上面例子看到：乙 1 用其他滾動的器材（鐵條、粉筆）代替四輪車滑下板子，並改變器材在板子上的方向，再改變不同的器材放在板上滑下去。課後，問到他爲什麼這麼做，他說：

乙 1：因為，為了好玩。

R：你想玩什麼？

乙 1：因為很重的樣子。

R：那個鐵條呢？爲什麼要放在上面讓他滾下來？

乙 1：看他…會不會飛得很快。

……

R：你那時候推完鐵條怎麼會想到要換粉筆？

乙 1：因為…因為…因為很無聊。

R：那時候沒事做？

乙 1：對。

R：怎麼會剛好那時候沒事做？

乙 1：他們他們，我們已經做完了，不知道要做什麼啊！（乙 0115）

乙 1 雖然是因為無聊打發時間而玩耍，但是透過這個玩耍，似乎也在測試不同重量、不同材料的物質做出來會有什麼不一樣的結果。雖然本研究發現學生在玩耍時有時會帶著想法，但是僅只是測試一些想法，並未有計畫地深入探究。不過 Brooke 和 Solomon (1998) 和 Solomon (1980) 皆認為玩耍會產生發現 (discovery)，尤其是當學生專注於某一現象，對該現象產生高度的興趣或好奇，然後擬一有目的的計畫並付諸行動時，玩耍就會變成探索現象的因果關係 (cause and effect) (Brooke & Solomon, 1998)。換言之，玩耍也是形成有意義的學習之可能途徑，然而本研究中有測試性質的玩耍，因只是做毫無計畫的測試，仍難以探究現象的因果關係之全貌。

伍、結論與建議

總結本研究的結果學生投入實驗活動的方式，有的如 Millar (1989) 和 White (1996) 所說的學生只用手不用大腦（如：盲目嘗試和交差了事、無目的的玩耍），而從這些模式難以見到學生探討變因和結果之間的關係，只能看到學生模仿步驟及孩童玩耍的天性 (Solomon, 1980)。有的如 Schauble 等人(1991)及 Rath 和 Brown(1996)所說的學生有自己獨特的方式在進行實驗，甚至是帶著想法在投入實驗活動（如：理論導向、經驗導向、有測試性質的玩耍），但因對實驗目的的不了解，以致於差了臨門一腳沒有再深入窺探科學現象。

學生的表現與實驗活動的設計與教師的教學方式有密切的關係（熊召弟，民 80），參與研究的教師雖不會在活動前告知學生結果及詳細步驟，但因對學生進行實驗活動的方式之不了解，未能善加指出學生的優點及需改善之處，也未能善加引導能產生假設以進行實驗活動的學生，導致學生只知道做出結果，不曉得能再深入探討現象，也因此未能更了解實驗和理論之間的關係。而且因為幫學生設想的太周到，問題大都是封閉式問題，進行實驗活動的流程也都幫學生設計好（原因、計畫、進行實驗活動、整理結果、產生結論），一步一步帶著學生做，使得學生相當依賴教師之外，也沒有充分的機會思考。

故建議教師應常常檢視學生投入實驗活動的方式，鼓勵學生表達其操作方法，以做為教師設計教學內容與方式的基礎。另外，教師可以利用學生玩耍的天性，設計生活化或問題情境，引起學生的驚訝或好奇心，並利用小組合作的方式，讓學生互相學習監督，引導小組自行設計實驗活動，並設計問題引導學生思考，例如：“你怎麼設計實驗活動？你想

從這個實驗活動發現什麼？你猜結果可能是什麼？”當學生做完實驗活動後，再要求小組互相討論並發表：“從實驗活動中發現了什麼？怎麼知道的？”這樣刺激學生思考，有助於學生探究更多的變因、做更有效的推論（Schauble et al., 1991），當也能有助於讓學生了解實驗和想法（或理論）之間的關係。

承蒙國科會科教處提供研究經費，計劃編號 NSC-88-2511-S-018-027，特此致謝。

參考文獻

1. 台灣省國民學校教師研習會（民 87）。國民小學自然科實驗本教師手冊第 12 冊。台北縣：台灣省國民學校教師研習會。
2. 江世賓（民 87）。山地小學學生的自然科學學習面貌。國立彰化師範大學科學教育研究所碩士論文。
3. 林陳涌（民 84）。從科學經驗證據和科學理論的關係來探討自然科實驗教學的意義。科學教育月刊，184，2-16。
4. 教育部主編（民 82）。國民小學課程標準。台北市：正中書局。
5. 張惠博（民 83）。邁向科學探究的實驗教學。八十三學年度概念改變教學策略研習會研究手冊。彰化：彰化師大。
6. 劉元生（民 83）。實驗教學對於國中學生溶液概念改變的影響。台灣師範大學化學研究所碩士論文。
7. 熊召弟（民 80）。科學實驗活動之「學習」探討。國民教育，31（11/12），2-5。
8. 蔡佩穎（民 87）。國一學生參與生物活動之過程分析與成效探討。國立彰化師範大學科學教育研究所碩士論文。
9. 蘇懿生（民 83）。高雄市立高中實驗室氣氛與學生對科學的態度之關係研究。國立高雄師範大學科學教育研究所碩士論文。
10. Brooke, H., & Solomon, J. (1998). From playing to investigating: Research in an interactive science centre for primary pupils. International Journal of Science Education, 20(8), 959-971.
11. Larochelle, M., & Desautels, J. (1991). 'Of course, it's just obvious': Adolescents' ideas of scientific knowledge. International Journal of Science Education, 13(4), 373-389.
12. Lucas, K., & Roth, W. M. (1996). The nature of scientific knowledge and student learning: Two longitudinal case studies. Research in Science Education, 26(1), 103-127.
13. Millar, R. (1989). Bending the evidence: The relationship between theory and experiment in science education. In R. Millar (Ed.), Doing science: Images of science in science education(pp.

38-61). London: Falmer Press.

14. Rath, A., & Brown, D. E. (1996). Modes of engagement in science inquiry: A microanalysis of elementary students' orientations toward phenomena at a summer science camp. Journal of Research in Science Teaching, 33(10), 1083-1097.
15. Schauble, L., Klopfer, L. E., & Raghavan, K. (1991). Students' transition from an engineering model to a science model of experimentation. Journal of Research in Science Teaching, 28(9), 859-882.
16. Solomon, J. (1980). Teaching children in the laboratory. London : Croom Helm .
17. White, R. T. (1996). The link between the laboratory and learning. International Journal of Science Education, 18(7), 761-774.